

ZOOM LENS

Patent number: JP2000121940
Publication date: 2000-04-28
Inventor: YOSHIDA HIROKI
Applicant: CANON INC
Classification:
- international: G02B15/20
- european:
Application number: JP19980316924 19981020
Priority number(s):

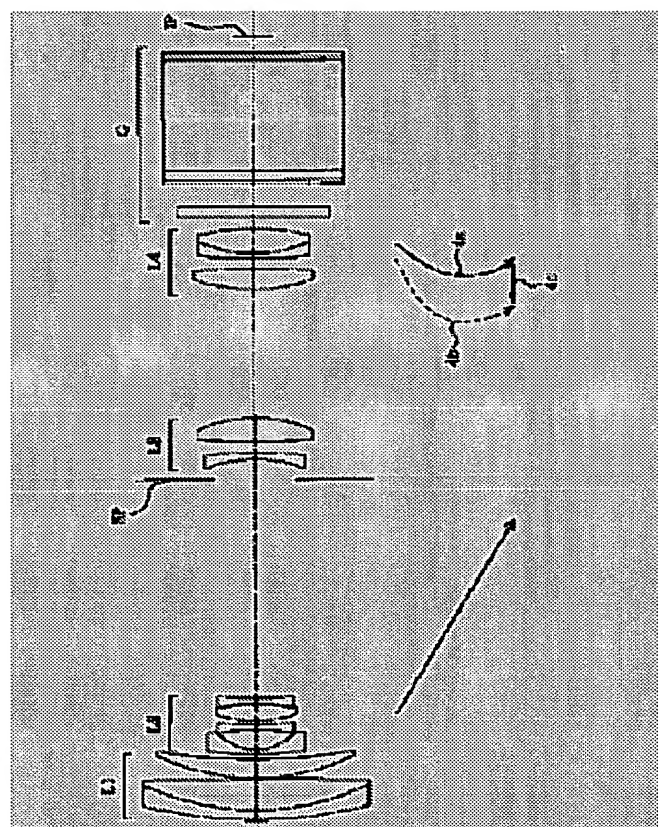
Also published as:

 JP2000121940 (A)

Abstract of JP2000121940

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a zoom lens of a rear focus system of a 4-group type having good optical performance over the entire variable magnification range from a wide angle end to a telephoto lens and the entire part of an object distance from an infinite object to an ultra-close object.

SOLUTION: This zoom lens has four lens groups; successively from an object side, a first group L1 of positive refracting power, a second group L2 of negative refracting power, a third group L3 of positive refracting power and a fourth group L4 of positive refracting power and executes variable magnification by moving the second group and the third group and executes focusing by moving the fourth group. In such a case, the first group has a diffraction optical element rotationally symmetrical with the optical axis. The zoom lens satisfies the conditions $3.8 < bfw/fw < 5.2$ when the air computation distance from the final lens face to the image plane at the wide angle end is defined as bfw and the focal length of the entire system at the wide angle end as fw.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-121940
(P2000-121940A)

(43)公開日 平成12年4月28日(2000.4.28)

(51)Int.Cl.⁷
G 0 2 B 15/20

識別記号

F I
G 0 2 B 15/20

テーマコード(参考)
2 H 0 8 7
9 A 0 0 1

審査請求 未請求 請求項の数5 F D (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平10-316924
(22)出願日 平成10年10月20日(1998.10.20)

(71)出願人 000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(72)発明者 吉田 博樹
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内
(74)代理人 100086818
弁理士 高梨 幸雄

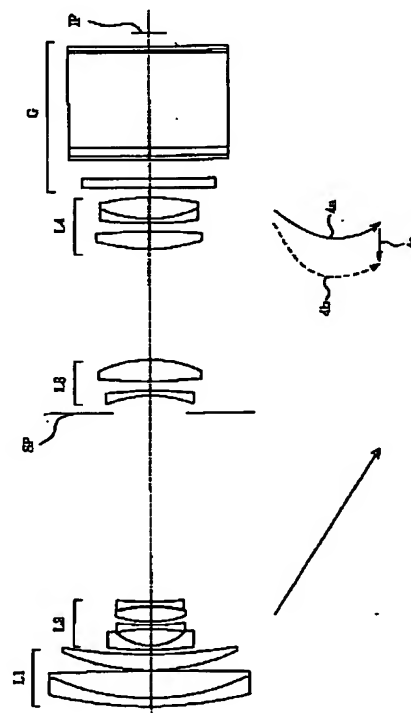
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ズームレンズ

(57)【要約】

【課題】 広角端から望遠端に至る全変倍範囲にわたり、又、無限遠物体から超至近物体に至る物体距離全般にわたり、良好なる光学性能を有した4群タイプのリヤフォーカス式のズームレンズを得ること。

【解決手段】 物体側より順に正の屈折力の第1群、負の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群、そして正の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、該第2群と第4群を移動させて変倍を行い、該第4群を移動させてフォーカスを行うズームレンズにおいて、該第1群は光軸に対して回転対称な回折光学素子を有しており、広角端における最終レンズ面から像面までの空気演算距離を $b f w$ 、広角端における全系の焦点距離を $f w$ とすると、 $3.8 < b f w / f w < 5.2$ なる条件を満足すること。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体側より順に正の屈折力の第 1 群、負の屈折力の第 2 群、正の屈折力の第 3 群、そして正の屈折力の第 4 群の 4 つのレンズ群を有し、該第 2 群と第 4 群を移動させて変倍を行い、該第 4 群を移動させてフォーカスを行うズームレンズにおいて、該第 1 群は光軸に対して回転対称な回折光学素子を有しており、広角端における最終レンズ面から像面までの空気演算距離を $b f w$ 、広角端における全系の焦点距離を $f w$ とするとき、 $3.8 < b f w / f w < 5.2$

なる条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】 前記第 i 群の焦点距離を f_i ($i = 1, 2, 3, 4$) としたとき、

$$0.31 < f_4 / f_3 < 0.45$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 のズームレンズ。

【請求項 3】 前記回折光学素子は正の屈折力を有していることを特徴とする請求項 1 又は 2 のズームレンズ。

【請求項 4】 前記第 1 群の焦点距離を f_1 、望遠端における全系の焦点距離を f_T とするとき、

【数 1】

$$1.8 < \frac{f_1}{\sqrt{f w \cdot f_T}} < 3.2$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1, 2 又は 3 のズームレンズ。

【請求項 5】 前記回折光学素子は 1 層構成又は互いに分散の異なる材質より成る 2 層構成より成っていることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はズームレンズに関し、特にレンズ系の一部に回折光学素子を用いることによって諸収差、特に色収差を良好に補正し、かつ、多板用プリズムやリフレクター等をレンズ系後方に配置できる程度の長いバックフォーカスを有した写真用カメラやビデオカメラ、そして放送用カメラ等に用いられる大口径比で高変倍比のレンズ系全体の小型化を図ったズームレンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】最近、ホームビデオカメラ等の小型軽量化に伴い、撮像用のズームレンズも小型化されている。特にレンズ全長の短縮化や前玉径の小型化、レンズ構成の簡略化が図られている。

【0003】レンズ系全体の小型化を達成する一つの手段として、物体側の第 1 群以外のレンズ群を移動させてフォーカスを行う、所謂リヤフォーカス式のズームレンズが知られている。

【0004】一般にリヤフォーカス式のズームレンズ

は第 1 群を移動させてフォーカスを行うズームレンズに比べて第 1 群の有効径が小さくなり、レンズ系全体の小型化が容易になり、又近接撮影、特に極近接撮影が容易となり、更に比較的小型軽量のレンズ群を移動させて行っているため、レンズ群の駆動力が小さくてすみ迅速な焦点合わせができる等の特長がある。

【0005】このようなリヤフォーカス式のズームレンズとして、例えば特開昭 62-215225 号公報や、特開昭 62-206516 号公報、特開昭 62-24213 号公報、特開昭 63-247316 号公報、そして特開平 4-43311 号公報では、物体側より順に正の屈折力の第 1 群、負の屈折力の第 2 群、正の屈折力の第 3 群、そして正の屈折力の第 4 群の 4 つのレンズ群を有し、第 2 群を移動させて変倍を行い、第 4 群を移動させて変倍に伴う像面変動とフォーカスを行った 4 群タイプのリヤフォーカス式のズームレンズが提案されている。

【0006】一方、多くのズームレンズにおいては、レンズ系中に非球面を設けることによって諸収差を良好に補正しつつ、レンズ系全体の小型化を図りつつ、高い光学性能を得ている。

【0007】又、諸収差のうち色収差については分散の異なる硝材を組み合わせて補正する方法の他にレンズ面又は光学系の一部に回折作用を有する回折光学素子を設けて補正した光学系が、例えば特開平 4-213421 号公報や特開平 6-324262 号公報、米国特許第 5,268,790 号等で提案されている。このうち、米国特許第 5,268,790 号では第 2 群と第 3 群に回折光学素子を用いたズームレンズを提案している。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】一般にズームレンズにおいてリヤフォーカス方式を採用するとレンズ系全体が小型化され又迅速なるフォーカスが可能となり、更に近接撮影が容易となる等の特長が得られる。

【0009】しかしながら反面、フォーカスの際の収差変動が大きくなり、無限遠物体から近距離物体に至る物体距離全般にわたり高い光学性能を得るのが大変難しくなってくるという問題点が生じてくる。

【0010】例えば、大口径比で高変倍のズームレンズでは変倍による色収差の変動が大きくなってきて全変倍範囲にわたり、又物体距離全般にわたり高い光学性能を得るのが大変難しくなってくるという問題点が生じてくる。

【0011】特にズーム比が 10 倍以上の高変倍比の 4 群より成るズームレンズでは第 1 群や第 4 群内で発生する色収差を補正するため、張り合わせレンズを用いることが多い。そしてレンズ群に対し、非球面を用いることによりレンズ群のレンズ枚数を削減し、レンズ全長を短くする方法がとられている。

【0012】しかしながら、レンズ枚数を減らすと色収

差の補正をする要素が不十分になってきて、変倍に伴う色収差の変動を良好に補正することが困難になってくる。

【0013】一般に正レンズに低分散ガラスを用いれば、色収差を軽減することもできる。しかしながら一般に低分散のガラスは屈折率が低く加工が難しいレンズ形状になりやすい。この為、前述の4群ズームレンズにおいて第1群又は第4群の屈折力を弱くすると、これに応じて他のレンズ群の屈折力も弱くしなければならず、第1群又は第4群の径が大きくなり結果として第1群や第4群のレンズ肉厚を増す必要が生じてレンズ全長が長大化してくる。又、第1群の屈折力を弱くすると広角端におけるバックフォーカスが短くなり、レンズ系の後方に光学フィルター、色分解プリズム等を配置するのが難しくなってくる。

【0014】本発明は、4群タイプのズームレンズにおいて、各レンズ群のレンズ構成を適切に設定することにより、広角端から望遠端に至る全変倍範囲にわたり、又無限遠物体から超至近物体に至る物体距離全般にわたり、良好なる光学性能を有した大口径比で高変倍比のバックフォーカスの長いズームレンズの提供を目的とする。

【0015】特に、4群タイプのリヤフォーカス式のズームレンズにおいて第1群に回折光学素子を導入し、回折光学的な作用を利用することで第1群で発生する色収差を低減しつつ第1群のレンズ枚数を削減し、レンズ全長の小型化を達成し、かつ第1群を軽量化すると共に、広角端から望遠端に至る全変倍範囲にわたり良好なる光学性能を有するバックフォーカスの長いリヤフォーカス式のズームレンズの提供を目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明のズームレンズは、

(1-1) 物体側より順に正の屈折力の第1群、負の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群、そして正の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、該第2群と第4群を移動させて変倍を行い、該第4群を移動させてフォーカスを行うズームレンズにおいて、該第1群は光軸に対して回転対称な回折光学素子を有しており、広角端における最終レンズ面から像面までの空気演算距離を $b f w$ 、広角端における全系の焦点距離を $f w$ とするとき、

$$3.8 < b f w / f w < 5.2 \cdots (1)$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【0017】

【発明の実施の形態】図1は本発明の数値実施例1の広角端のレンズ断面図、図2～図4は本発明の数値実施例1の広角端、中間、望遠端の収差図である。図5は本発明の数値実施例2の広角端のレンズ断面図、図6～図8は本発明の数値実施例2の広角端、中間、望遠端の収差図である。

【0018】次に、図1、図5の数値実施例1、2のレンズ構成の特徴について説明する。図1、図5において、L1は正の屈折力の第1群、L2は負の屈折力の第2群、L3は正の屈折力の第3群、L4は正の屈折力の第4群である。SPは開口絞りであり、第3群L3の前方に配置している。Gは色分解光学系やフェースプレート、そしてフィルター等のガラスブロックである。IPは像面である。

【0019】本実施形態では広角端から望遠端への変倍に際して矢印のように第2群を像面側へ移動させると共に、変倍に伴う像面変動を第4群を物体側に凸状の軌跡を有しつつ移動させて補正している。

【0020】又、第4群を光軸上移動させてフォーカスを行うリヤフォーカス式を採用している。同図に示す第4群の実線の曲線4aと点線の曲線4bは各々無限遠物体と近距離物体にフォーカスしているときの広角端から望遠端への変倍に伴う際の像面変動を補正する為の移動軌跡を示している。尚、第1群と第3群は変倍及びフォーカスの際固定である。尚、第2群の変倍分担を少なくする為に第1群を変倍の際に移動させても良い。

【0021】本実施形態においては第4群を移動させて変倍に伴う像面変動の補正を行うと共に第4群を移動させてフォーカスを行うようにしている。特に同図の曲線4a、4bに示すように広角端から望遠端への変倍に際して物体側へ凸状の軌跡を有するように移動させている。これにより第3群と第4群との空間の有効利用を図りレンズ全長の短縮化を効果的に達成している。

【0022】本実施形態において、例えば望遠端において無限遠物体から近距離物体へフォーカスを行う場合は同図の直線4cに示すように第4群を前方へ繰り出すことにより行っている。

【0023】本実施形態では第1群に少なくとも1つの回折光学素子を設け、その位相を適切に設定し、これにより第1群で発生する色収差を低減し、全変倍範囲にわたり色収差を良好に補正している。

【0024】第1群を回折光学素子なしで屈折面(レンズ)のみで色収差を軽減しようとする、レンズの枚数を増やすか、さもなくば異常分散ガラスの使う必要が生じるが、このようなガラス材は、例えばFK01(商品名)に代表されるように一般に柔らかく加工が難しい。

【0025】特に、画質を重視する高倍のズームレンズの場合、異常分散ガラスを用いても十分な補正ができないことも大いにあり得る。又、第1群は他のレンズ群と比較し、レンズの径が大きくなることが多いため、レンズの枚数を増やすとレンズ全体の重量が増え、使い勝手が悪くなる。

【0026】そこで本発明では、第1群に回折光学素子を用いて第1群のレンズ枚数を少なくしつつ、色収差を良好に補正している。又、広角端におけるレンズ最終面から像面までの空気演算距離(フィルター等の平行平面

板を除去したときの距離) b f w が条件式 (1) を満たすようにしている。

【0027】画質を重視するビデオレンズの場合、複数の撮像素子を用いることがあるが、このとき各撮像素子に割り当てる色を分散するためのプリズムが必要になる。ところが条件式 (1) の下限を下回るとバックフォーカスが短くなりすぎ、プリズムを入れる空間が不十分になってしまう。逆に、条件式 (1) の上限を上回るとレンズ全体の全長が伸び、結果として使い勝手の悪いレンズになってしまう。

【0028】本実施形態における回折光学素子は、ホログラフィック光学素子 (HOE) の製作手法であるリソグラフィック手法で 2 値的に製作している。回折光学素子はバイナリーオプティクス (BINARY OPTICS) で製作しても良い。この場合、更に回折効率を上げるためにキノフォームと呼ばれる鋸状の形状にしても良い。またこれらの方法で製作した方によって成型により製造しても良い。

【0029】また本実施形態における回折光学素子の形状は、基準波長 (d 線) を λ 、光軸からの距離を h 、位相を $\phi(h)$ としたとき

$$\phi(h) = 2\pi/\lambda (C_2 \cdot h^2 + C_4 \cdot h^4 + \dots + C_{(2i)} \cdot i \cdot h^{2i})$$

の式で表されるものである。

【0030】本発明の目的とするズームレンズは以上の諸条件を満足することにより達成されるが、更に収差補正上好ましくは、次の条件のうち少なくとも 1 つを満足させるのが良い。

【0031】(7-1) 前記第 i 群の焦点距離を f_i ($i = 1, 2, 3, 4$) としたとき、

$$0.31 < f_4/f_3 < 0.45 \dots (2)$$

なる条件を満足することである。

【0032】条件式 (2) の上限を上回るほど第 3 群の屈折力が強くなりすぎるとレンズ最終面と像面までの距離が短くなり、プリズム等の光学部材を挿入できなくなる。逆に、条件式 (2) の下限を下回るほど第 3 群の屈折力が弱くなりすぎるとレンズ最終面と像面までの距離が長くなり、結果としてレンズ全体の全長が伸び、結果として使い勝手の悪いレンズになってしまう。 *

$$|0.5797 \cdot C_{2i} + \sum \{1/(f_{1i} \cdot v_{1i})\}| \cdot f_1$$

なる条件を満足するのが望ましい。

【0042】条件式 (4) では第 1 群に関して屈折光学面と回折光学面での色消し効果が合成されて十分に色収差が補正するための条件である。

【0043】一般に屈折光学系のアッペ数 (分散値) は d, C, F 線の各波長における屈折力を N_d, N_C, N_F としたとき

$$v_d = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$$

で表される。

*【0033】(7-2) 前記回折光学素子は正の屈折力を有していることである。

【0034】第 1 群は正の屈折力を有しており、屈折によって発生する色収差を回折光学素子で打ち消す為に回折光学素子の屈折力に正の屈折力を持たせている。仮に、回折光学素子の屈折力を負にすると通常の屈折光学系と発生する色収差が同じになってしまい、回折光学素子による色消し効果が出ず、光学系全域で十分な色収差の補正が行えなくなる。

10 【0035】(7-3) 前記第 1 群の焦点距離を f_1 、望遠端における全系の焦点距離を f_T とするとき、

【0036】

【数 2】

$$1.8 < \frac{f_1}{\sqrt{f_w \cdot f_T}} < 3.2 \dots (3)$$

なる条件を満足することである。

20 【0037】条件式 (3) の下限を下回るほど第 1 群の屈折力を強くすると屈折光学系によって発生する色収差を回折光学素子で十分打ち消すことができなくなり、光学系全域で十分な色収差の補正が行えなくなる。又、回折光学素子の作成が困難になる。逆に、条件式 (3) の上限を上回るほど第 1 群の屈折力を弱くすると広角端におけるバックフォーカスが短くなりすぎ、プリズム等の光学部材を挿入するための空間が不十分になる。

【0038】(7-4) 第 2 群は物体側より順に少なくとも 2 枚の負レンズと 1 枚の正レンズ、そして負レンズを有していることである。

30 【0039】(7-5) 第 3 群は物体側より順にメニスカス状の負レンズと両レンズ面が凸面の正レンズを有していることである。

【0040】(7-6) 第 4 群は物体側より順に正レンズ、負レンズと正レンズとの全体として正の接合レンズとを有していることである。

【0041】本発明において第 1 群で十分な色収差補正が行われるためには第 1 群のすべてのレンズの、焦点距離及びアッペ数をそれぞれ f_{1i}, v_{1i} ($i = 1, 2, \dots$)、第 1 群の回折光学素子の 2 次項の係数を C_{2i} とするとき

$$< 9.8 \times 10^{-3} \dots (4)$$

【0044】一方回折光学面での分散値 v_d は d 線、 C 線、 F 線の各波長を $\lambda_d, \lambda_C, \lambda_F$ としたとき

$$v_d = \lambda_d / (\lambda_F - \lambda_C)$$

で表され、 $v_d = -3.45$ となる。

【0045】また回折光学面の主波長における近軸的な 1 次回折光の屈折力 ϕ は回折光学面の位相を表す前式より 2 次項の係数を C_2 としたとき

$$\phi = -2 \cdot C_2$$

50 と表される。

【0046】ある群で発生する色収差は ϕ/ν に比例するのでこれに相当する量は回折光学面では
 $-2 \cdot C_2 / (-3.45) = 0.5797 \cdot C_2$
 となる。

【0047】また屈折光学系ではこの量は
 $\Sigma 1 / (f \cdot \nu)$

となる。従ってこの和が0に近いほどその群の色収差補正が十分に行われていることが判る。

【0048】条件式(4)の範囲内を越えてしまうと第1レンズ群で発生する色収差の補正が不十分になってしまうので良くない。

【0049】本実施形態で用いている回折光学素子の構成としては図9に示す1層のキノフォーム形状の1層構成のものや、図12に示すような格子厚の異なる(又は同一の)2つの層を積層した2層構成のもの等が適用可能である。

【0050】図10は図9に示す回折光学素子101の1次回折光の回折効率の波長依存特性である。実際の回折光学素子101の構成は、基材102の表面に紫外線硬化樹脂を塗布し、樹脂部に波長530nmで1次回折光の回折効率が100%となるような格子厚dの層103を形成している。

【0051】図10で明らかなように設計次数の回折効率は最適化した波長530nmから離れるに従って低下し、一方設計次数近傍の次数の0次回折光と2次回折光の回折効率が增大している。その設計次数以外の回折光の増加はフレアとなり、光学系の解像度の低下につながる。

【0052】図11に図9の格子形状で数値実施例2を作成した場合の空間周波数に対する各画角 ω でのMTF特性を示す。

【0053】図12に示す2つの層104、105を積層した積層型の回折光学素子の1次回折光の回折効率の波長依存特性を図13に示す。

【0054】図12では基材102上に紫外線硬化樹脂($n_d = 1.499$, $\nu_d = 54$)からなる第1層10*

*4を形成し、その上に別の紫外線硬化樹脂($n_d = 1.598$, $\nu_d = 28$)からなる第2層105を形成している。この材質の組み合わせでは、第1層104の格子厚d1は $d_1 = 13.8 \mu m$ 、第2の層105の格子厚d2は $d_2 = 10.5 \mu m$ としている。

【0055】図13から分かるように積層構造の回折光学素子にすることで、設計次数の回折効率は、使用波長全域で95%以上の高い回折効率を有している。

【0056】図14に図12の格子形状で数値実施例2を作成した場合の空間周波数に対する各画角 ω でのMTF特性を示す。積層構造の回折光学素子を用いると、低周波数のMTFは改善され、所望のMTF特性が得られる。このように、本発明に係る回折光学素子として積層構造を用いれば、光学性能を更に改善することができる。

【0057】なお、前述の積層構造の回折光学素子として、材質を紫外線硬化樹脂に限定するものではなく、他のプラスチック材等も使用できるし、基材によっては第1の層104を直接基材に形成しても良い。また各格子厚が必ずしも異なる必要はなく、材料の組み合わせによっては図15に示すように2つの層104と105の格子厚を等しくしても良い。

【0058】この場合は、回折光学素子の表面に格子形状が形成されないので、防塵性に優れ、回折光学素子の組立作業性を向上させることができる。

【0059】次に本発明の数値実施例を示す。数値実施例において r_i は物体側より順に第i番目のレンズ面の曲率半径、 d_i は物体側より順に第i番目のレンズ厚及び空気間隔、 n_i と ν_i は各々物体側より順に第i番目のレンズのガラスの屈折率とアッペ数である。又、前述の各条件式と数値実施例の関係を表-1に示す。

【0060】非球面形状は光軸方向にX軸、光軸と垂直方向にY軸、光の進行方向を正としRを近軸曲率半径、K, B, C, D, E, Fを各々非球面係数としたとき、

【0061】

【数3】

$$X = \frac{(1/R)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(Y/R)^2}} + BH^4 + CH^6 + DH^8$$

なる式で表している。又「D-0X」は「10^{-X}」を意味している。

【0062】

【外1】

9
数值实施例1

$f = 4.232 \sim 68.30$ $fno = 1:1.65 \sim 2.70$ $2\omega = 59.1^\circ \sim 3.78^\circ$

r 1=	57.412	d 1=	1.27	n 1=	1.85504	ν 1=	23.8
r 2=	31.453	d 2=	4.28	n 2=	1.60548	ν 2=	60.6
r 3=	-408.636	d 3=	0.15				
r 4=	28.456	d 4=	2.47	n 3=	1.69979	ν 3=	55.5
r 5=	72.457	d 5=	可変				
r 6=	43.987	d 6=	0.68	n 4=	1.88815	ν 4=	40.8
r 7=	6.581	d 7=	2.69				
r 8=	-23.235	d 8=	0.60	n 5=	1.83945	ν 5=	42.7
r 9=	40.596	d 9=	0.45				
r 10=	13.315	d 10=	2.33	n 6=	1.85504	ν 6=	23.8
r 11=	-23.536	d 11=	0.22				
r 12=	-18.833	d 12=	0.60	n 7=	1.71615	ν 7=	53.9
r 13=	35.573	d 13=	可変				
r 14=	(絞り)	d 14=	2.81				
r 15=	-14.736	d 15=	0.75	n 8=	1.77621	ν 8=	49.6
r 16=	-53.187	d 16=	1.47				
r 17=	50.480	d 17=	3.45	n 9=	1.58547	ν 9=	59.4
r 18=	-15.929	d 18=	可変				
r 19=	21.245	d 19=	2.78	n 10=	1.58547	ν 10=	59.4
r 20=	-87.076	d 20=	1.27				
r 21=	49.795	d 21=	0.75	n 11=	1.85504	ν 11=	23.8
r 22=	16.491	d 22=	3.38	n 12=	1.48915	ν 12=	70.2
r 23=	-26.823	d 23=	1.50				
r 24=	∞	d 24=	1.50	n 13=	1.51825	ν 13=	64.1
r 25=	∞	d 25=	3.00				
r 26=	∞	d 26=	0.61	n 14=	1.55219	ν 14=	60.0
r 27=	∞	d 27=	1.20	n 15=	1.52180	ν 15=	69.0
r 28=	∞	d 28=	15.00	n 16=	1.59143	ν 16=	61.2
r 29=	∞	d 29=	0.43	n 17=	1.55219	ν 17=	60.0
r 30=	∞	d 30=	0.60	n 18=	1.51825	ν 18=	64.2
r 31=	∞						

位相係数

c12
3面 -1.05056D-04

c14
1.47591D-08

非球面係数

	K	B	C	D
17面	2.43773D+01	-7.41861D-05	-1.29937D-07	-6.85405D-10
19面	5.86641D-01	-4.45603D-05	3.20420D-08	-5.55824D-10

焦点距離 可変間隔	4.23	14.25	68.30
d 5	0.70	17.63	28.91
d 13	29.71	12.78	1.50
d 18	17.49	14.19	17.89

【0063】

【外2】

数值实施例 2

$$f = 4.232 \sim 76.30 \quad f_{no} = 1:1.65 \sim 2.75 \quad 2\omega = 59.1^\circ \sim 3.40^\circ$$

r 1=	62.859	d 1=	1.27	n 1=	1.85504	ν 1=	23.8
r 2=	35.283	d 2=	4.28	n 2=	1.60548	ν 2=	60.6
r 3=	-471.748	d 3=	0.15				
r 4=	31.366	d 4=	2.47	n 3=	1.69979	ν 3=	55.5
r 5=	79.199	d 5=	可変				
r 6=	39.378	d 6=	0.68	n 4=	1.88815	ν 4=	40.8
r 7=	7.031	d 7=	2.80				
r 8=	-26.052	d 8=	0.60	n 5=	1.83945	ν 5=	42.7
r 9=	37.405	d 9=	0.45				
r 10=	13.676	d 10=	2.33	n 6=	1.85504	ν 6=	23.8
r 11=	-25.779	d 11=	0.22				
r 12=	-18.560	d 12=	0.60	n 7=	1.71615	ν 7=	53.9
r 13=	36.374	d 13=	可変				
r 14= (絞り)		d 14=	2.81				
r 15=	-14.524	d 15=	0.75	n 8=	1.77621	ν 8=	49.6
r 16=	-51.910	d 16=	1.47				
r 17=	50.719	d 17=	3.45	n 9=	1.59143	ν 9=	61.1
r 18=	-16.161	d 18=	可変				
r 19=	22.176	d 19=	2.78	n 10=	1.58547	ν 10=	59.4
r 20=	-98.935	d 20=	1.27				
r 21=	46.836	d 21=	0.75	n 11=	1.85504	ν 11=	23.8
r 22=	16.783	d 22=	3.38	n 12=	1.48915	ν 12=	70.2
r 23=	-29.194	d 23=	1.50				
r 24=	∞	d 24=	1.50	n 13=	1.51825	ν 13=	64.1
r 25=	∞	d 25=	3.00				
r 26=	∞	d 26=	0.61	n 14=	1.55219	ν 14=	60.0
r 27=	∞	d 27=	1.20	n 15=	1.52180	ν 15=	69.0
r 28=	∞	d 28=	15.00	n 16=	1.59143	ν 16=	61.2
r 29=	∞	d 29=	0.43	n 17=	1.55219	ν 17=	60.0
r 30=	∞	d 30=	0.60	n 18=	1.51825	ν 18=	64.2
r 31=	∞						

位相係数

c12
3面 -1.19240D-04

c14
5.47194D-08

非球面係数

	K	B	C	D
17面	2.48557D+01	-7.14143D-05	-1.33582D-07	-7.14167D-10
19面	8.26306D-01	-4.19351D-05	4.80518D-08	-7.08481D-10

焦点距離 可変間隔	4.23	14.84	76.30
d 5	0.70	19.70	32.37
d 13	33.13	14.12	1.45
d 18	17.62	14.00	18.01

表-1

	数値実施例1	数値実施例2
(1) $b f w / f w$	4.46	4.59
(2) $f 4 / f 3$	0.366	0.370
(3) $\frac{f 1}{\sqrt{f W \cdot f T}}$	2.49	2.58
(4) $0.5797 \cdot C_{11} + \sum \{1 / (f 1 + v 1 i)\} \cdot f 1$	4.75×10^{-3}	2.22×10^{-2}

【0065】

【発明の効果】本発明によれば以上のように、

(イ-1) 4群タイプのズームレンズにおいて、各レンズ群のレンズ構成を適切に設定することにより、広角端から望遠端に至る全変倍範囲にわたり、又無限遠物体から超至近物体に至る物体距離全般にわたり、良好なる光学性能を有した大口径比で高変倍比のバックフォーカスの長いズームレンズを達成することができる。

【0066】(イ-2) 4群タイプのリヤフォーカス式のズームレンズにおいて第1群に回折光学素子を導入し、回折光学的な作用を利用することで第1群で発生する色収差を低減しつつ第1群のレンズ枚数を削減し、レンズ全長の小型化を達成し、かつ第1群を軽量化すると共に、広角端から望遠端に至る全変倍範囲にわたり良好なる光学性能を有するバックフォーカスの長いリヤフォーカス式のズームレンズを達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の数値実施例1のレンズ断面図

【図2】本発明の数値実施例1の広角端の収差図

【図3】本発明の数値実施例1の中間の収差図

【図4】本発明の数値実施例1の望遠端の収差図

【図5】本発明の数値実施例2のレンズ断面図

【図6】本発明の数値実施例2の広角端の収差図

【図7】本発明の数値実施例2の中間の収差図

【図8】本発明の数値実施例2の望遠端の収差図

【図9】本発明に係る回折光学素子の説明図

【図10】本発明に係る回折光学素子の波長依存特性の説明図

【図11】本発明に係る回折光学素子のMTF特性図

【図12】本発明に係る回折光学素子の説明図

【図13】本発明に係る回折光学素子の波長依存特性の説明図

【図14】本発明に係る回折光学素子のMTF特性図

【図15】本発明に係る回折光学素子の説明図

【符号の説明】

L1 第1群

L2 第2群

L3 第3群

L4 第4群

SP 絞り

IP 像面

ΔM メリディオナル像面

30 ΔS サジタル像面

d d線

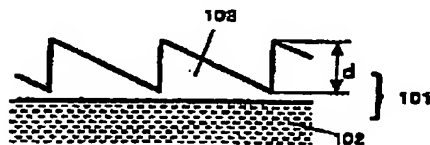
g g線

101 回折光学素子

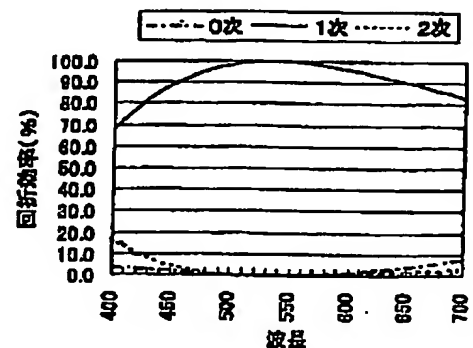
102 基盤

103, 104, 105 層

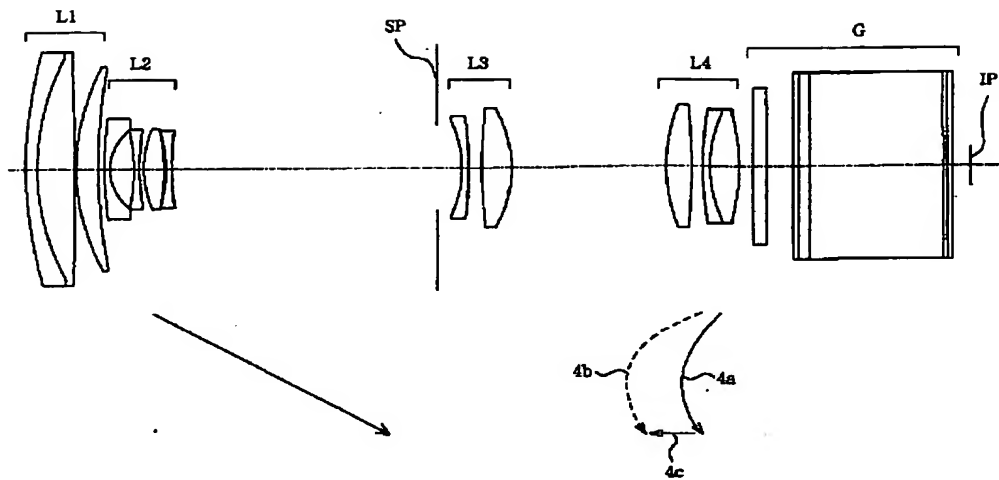
【図9】



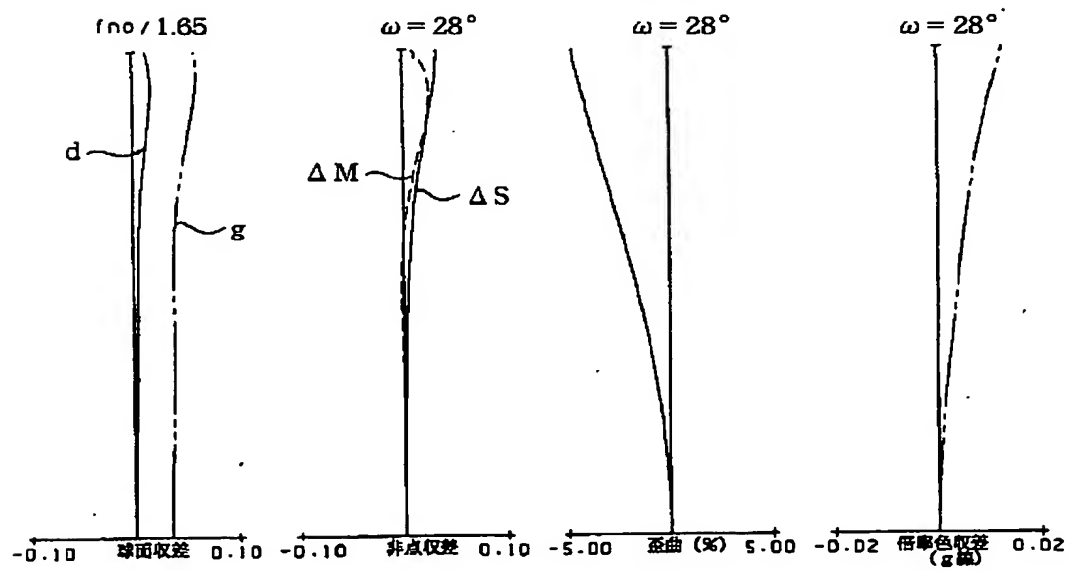
【図10】



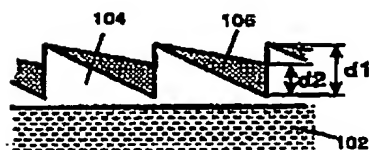
【図1】



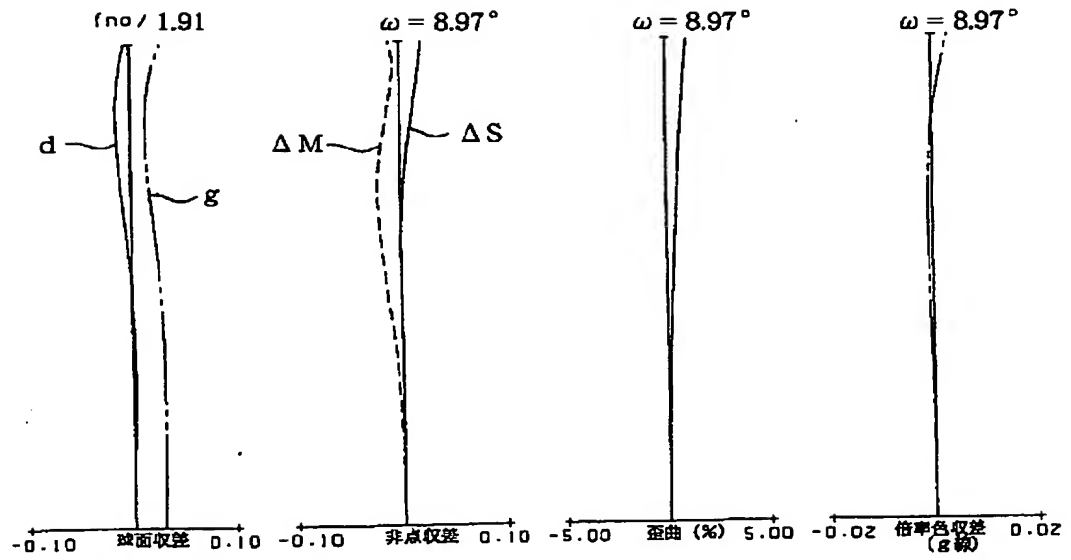
【図2】



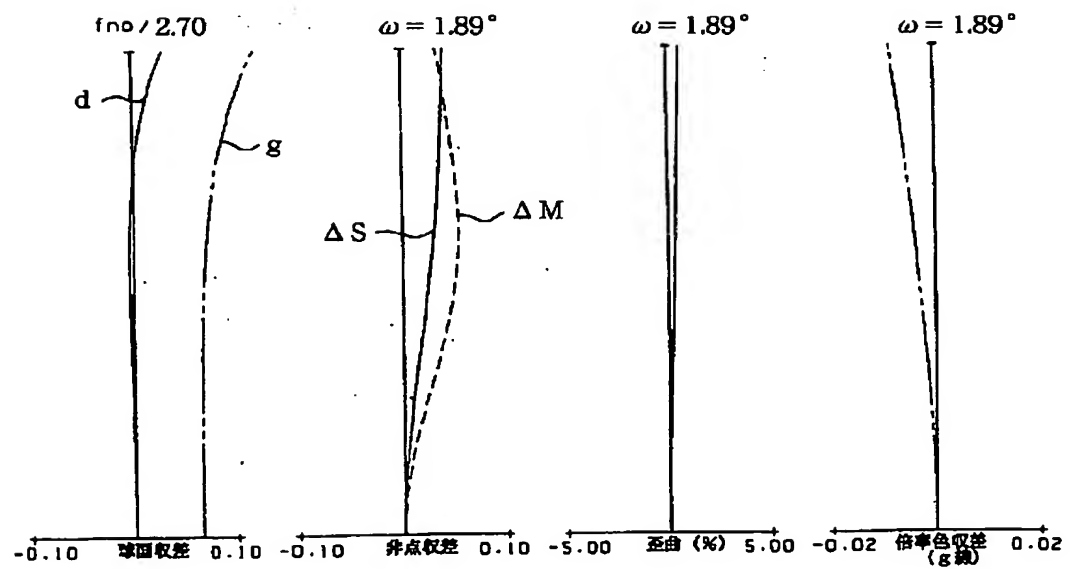
【図12】



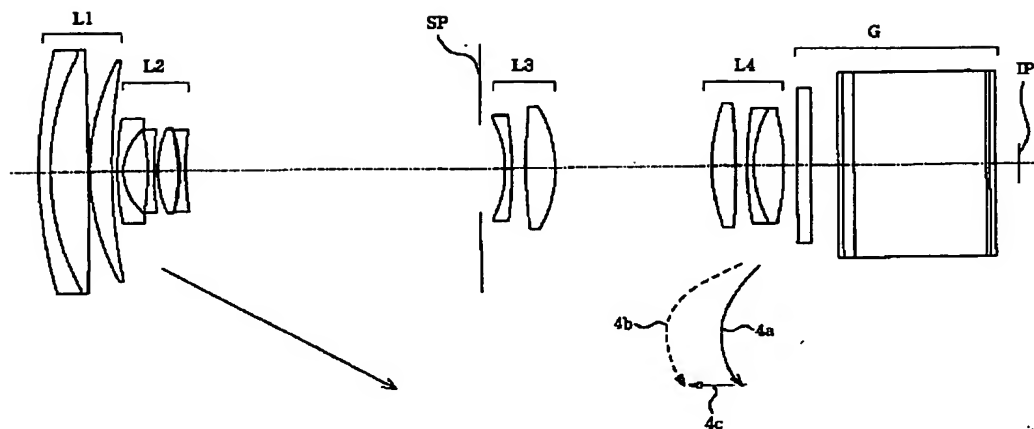
【図 3】



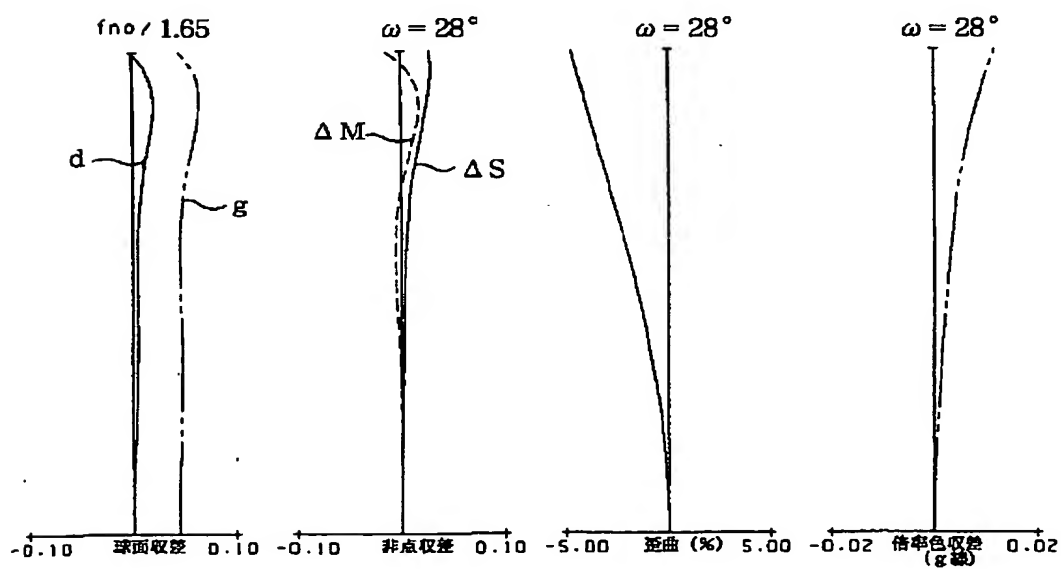
【図 4】



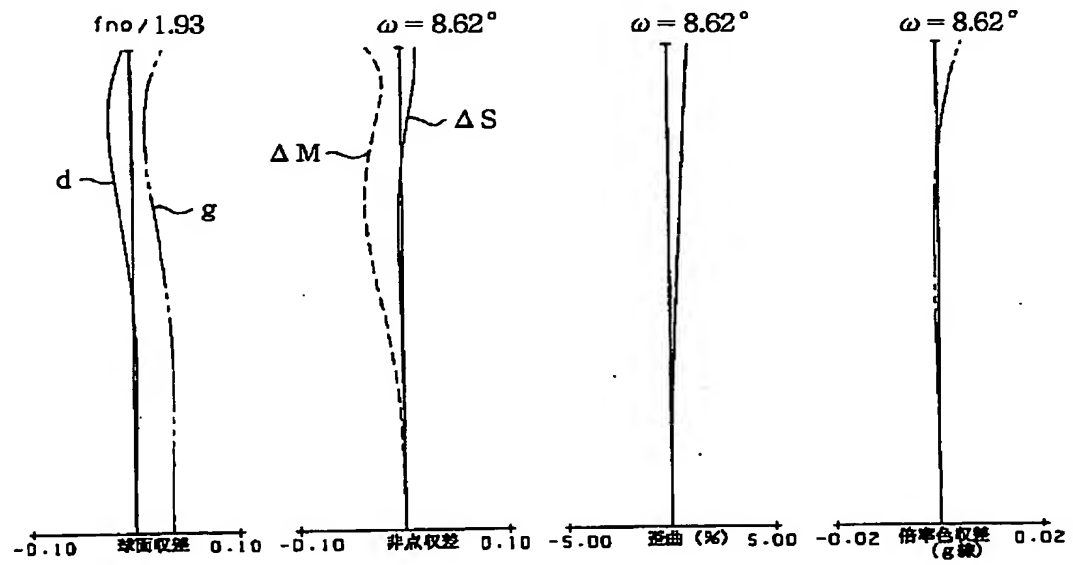
【図 5】



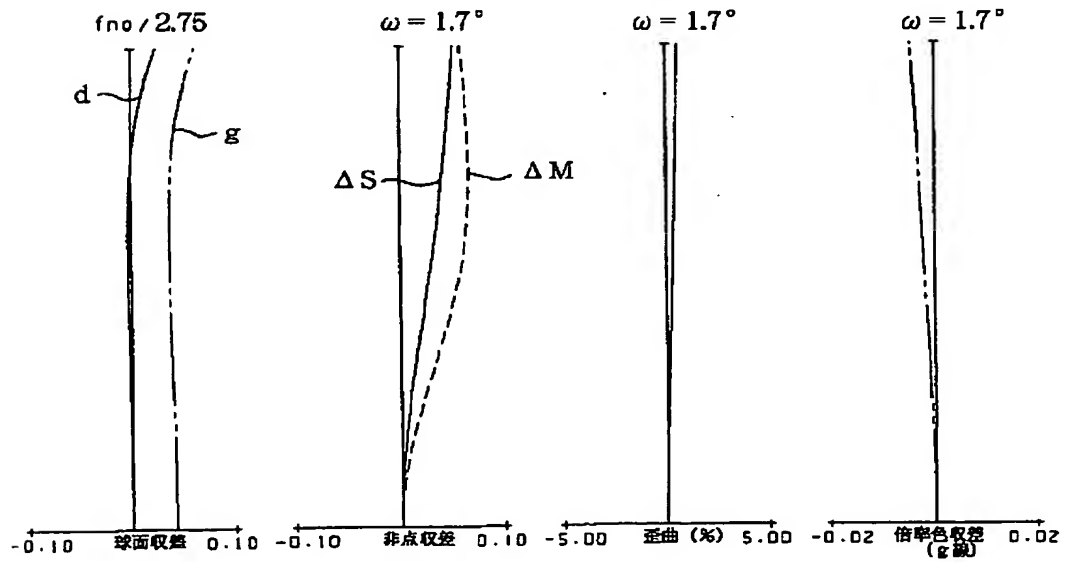
【図 6】



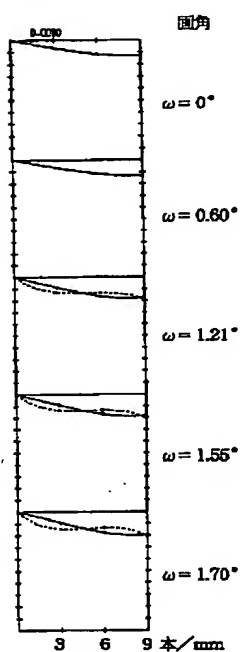
【図7】



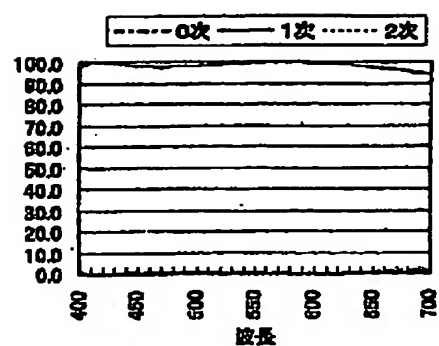
【図8】



【図11】



【図13】



【図14】

